有机肥对粉垄蔗地土壤养分及甘蔗产量品质的影响

李素丽，梁晓莹，韦本辉，黄金玲，李志刚*，陆睿杰，雷志宇
（广西大学 农学院 南宁 530005）

摘要：为了研究施用有机肥对粉垄条件下甘蔗产量和品质的影响，本研究以蚯蚓粪、猪粪分别与复合肥配施于粉垄蔗地中，并以单施复合肥作为对照，研究有机肥与复合肥配施对粉垄土壤理化性状及甘蔗养分、产量、蔗茎品质的影响。结果表明：（1）与对照相比，有机肥与复合肥混施可在不同时期分别提高粉垄土壤有机质、全氮、全磷、有效氮、速效磷、速效钾含量，且对于土壤中速效养分含量的提升主要集中于甘蔗生长前期（6 月—8 月），但在土壤 pH 值和容重方面影响不显著。（2）蚯蚓粪、猪粪与复合肥混施均能不同程度提高甘蔗生长前期的+1 叶和根系中的全氮、全磷、全钾含量，使产量分别比对照提升了 28.09%和 32.81%。砍收时甘蔗的茎长、茎径、单茎重、有效茎数、蔗汁糖分、甘蔗糖分高于对照但不显著，出苗率、分蘖率、锤度影响不显著。（3）粉垄耕作条件下，选择合适的有机肥与复合肥配施可增加土壤速效养分和有机质、全氮、全磷含量，也能提高甘蔗根叶全氮、全磷、全钾含量，提高甘蔗产量。

关键词：有机肥，粉垄，土壤理化，甘蔗养分，产量品质

中图分类号: Q945.1　　　　**文献标识码:** A

Effect of organic fertilizer on soil and the yield and quality of sugarcane under the condition of smashing-ridge-tillage

LI Suli, LIANG Xiaoying, WEI Benhui, HUANG Jinling, LI Zhigang*, LU Ruijie, LEI Zhiyu
（*College of Agricultural*, *Guangxi University*, Nanning 530005, China）

Abstract: In order to study the effect of applying organic fertilizer on the yield and quality of sugarcane under the condition of smashing ridge tillage, earthworm manure and pig manure were blended with compound fertilizer respectively, then applied to the soil, the single application of compound fertilizer was used as the control, to study the effect of organic fertilizer coupled with compound fertilizer on the physical and chemical properties of the smashing-ridge-tillage soil and nutrient, yield and quality of sugarcane. The results were as follows: (1) The content of organic matter, total nitrogen, total phosphorus, available nitrogen, available phosphorus and available potassium in the soil could be increased in different periods by the application of organic fertilizer coupled with compound fertilizer. In addition, the increase of soil available nutrients was mainly concentrated in the early stage of sugarcane growth (June and August), but the effect on soil pH and bulk density was not significant. (2) The application of earthworm manure, pig manure that coupled with compound fertilizer can improve the contents of total nitrogen, total phosphorus and total potassium in leaves and roots of sugarcane in different degrees, and increase the cane yield by 28.09% and 32.81% compared with the control. The parameters of cane weight, cane length, stalk diameter, millable stalks, sucros of juice were higher than those of the control but didn’t achieve a significant difference. Otherwise, the effects of emergence rate, tillering rate and brix were not significant. (3) Under the condition of smashing ridge tillage, the proper combination of organic fertilizer and compound fertilizer can increase the soil contents of soil available nutrients, organic matter, total nitrogen and total phosphorus, the total nitrogen, total phosphorus and total potassium contents of roots and leafs as well as the sugarcane yield.

Keywords: organic fertilizer, smashing ridge tillage, soil physical and chemical, sugarcane nutrient, yield and

---

基金项目：广西创新驱动重大专项（AA17204037-4）；国家自然科学基金（31871689，31460373）[Supported by the Science and Technology Major Project of Guangxi Province in China（AA17204037-4）； the National Natural Science Foundation of China（31871689，31460373）]。

作者简介：李素丽（1972-），女，广西上林人，博士，副教授，研究方向为甘蔗生理和分子生物学，(E-mail)lisuli88@163.com。
***通信作者：**李志刚，博士，教授，主要从事植物逆境生理生态研究，（E-mail）lizhigangnn@ 163.com。

quality

“粉垄”是一种利用粉垄机的垂直螺旋钻头旋削碎土，可一次性完成深耕深松整地且土壤疏松不乱土层、蓄水纳氧性强的新型耕作模式（韦本辉，2015）。与传统耕作（拖拉机整地等）相比，粉垄栽培玉米、花生、大豆和桑树，其产量增加了10%~54%，且能够促进根系伸长及其在土层中的分布（韦本辉等，2012）。在甘蔗上的应用也表明，粉垄促进甘蔗茎长、茎径的生长，提高有效茎数和产量（周灵芝等，2017）。有机肥具有肥效长，可为土壤提供养分，改善土壤理化性状促进作物增产等优点，且有机肥与化肥配施比两者单施效果更好（翁锦周等，2005；陈伟绩，2007；宋震震等，2014）。林阿典等（2017）研究了钾肥与有机肥对土壤及甘蔗生长的影响，结果表明在氮、磷、钾肥等量投入条件下，配施有机肥能促进甘蔗生长，提高产糖量，改善土壤理化性状。张宇鹏等（2013）研究了生态养猪垫料与化肥配施对甘蔗生长、产量及品质的影响，认为化肥配合施用生态养猪垫料有利于甘蔗的生长、产量及品质的提高。虽然，作为基肥、追肥等对土壤进行改良，有机肥已经在甘蔗生产上得到广泛使用，但尚未见有粉垄耕作条件下有机肥使用对甘蔗产量、品质等影响的相关报道。本研究通过在粉垄蔗地上分别以市场上常见的蚯蚓粪和猪粪与复合肥配施，研究两种有机肥对于粉垄土壤的理化性状及甘蔗生长的影响，以期为粉垄耕作及甘蔗产业高质高产值可持续发展提供基础资料及科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验地位于广西壮族自治区南宁市隆安县那桐镇新安村，属湿润的亚热带季风气候，年平均气温在21.6 ℃左右，年均降雨量达1 304.2 mm，平均相对湿度为79%。

试验地土壤为红壤，前茬作物为木薯。经测试土壤容重为2.36 g cm^{-3}，pH 5.73，有机质 34.60 g kg^{-1}，土壤全氮 1.49 g kg^{-1}，碱解氮149 mg kg^{-1}，全磷0.30 g kg^{-1}，有效磷 8.49 mg kg^{-1}，速效钾 394.30 mg kg^{-1}。

1.2 试验设计

设3个处理：①单施复合肥（对照 CK）；②蚯蚓粪+复合肥（处理A）；③猪粪+复合肥（处理B）。试验采用随机区组设计，3次重复，每小区面积为60 m^2（长10 m，宽6 m）。2018年3月，采用粉垄机进行一次性深翻旋耕，耕作深度40 cm。开垄后分别使用复合肥（N：P_2O_5：K_2O比例为15：15：15，总养分≥45%）、蚯蚓粪（由当地饲养蚯蚓场提供，水分12.29%，pH 5.38，有机质38.56 g kg^{-1}，全氮1.69%，全磷1.78%，全钾15.19 mg L^{-1}）、猪粪（由当地养猪场经发酵后提供，水分12.42%，pH 6.48，有机质36.24 g kg^{-1}，全氮1.85%，全磷3.23%，全钾3.06 mg L^{-1}）对不同处理进行施肥：①对照CK施复合肥1 200 kg hm^{-2}；②处理A：蚯蚓粪3 000 kg ·hm^{-2}+复合肥1 200 kg ·hm^{-2}；③处理B：猪粪3 000 kg ·hm^{-2}+复合肥1 200 kg ·hm^{-2}。供试甘蔗品种为桂糖42，于2018 年3 月16 日下种，采用双芽段种植，蔗种双行摆放，种植密度为7 700芽667 m^{-2}。2018年6月10日进行大培土同时追施尿素 675 kg ·hm^{-2}（总氮 ≥46.4 %），氯化钾 675 kg ·hm^{-2}（K_2O ≥60 %），复合肥1 500 kg ·hm^{-2}，田间管理按常规进行。

1.3 调查项目及方法

土壤采集：于2018年6月11日、8月11日、10月25日分别采集土壤样品，每个小区按5点分布采集耕层土（20 cm处），混合均匀，带回实验室风干备用，土壤理化性状的测定参照鲍士旦（2000）的《土壤农化分析》进行。

甘蔗根系及叶片采样：于2018年6月11日、8月11日，10月25日分别采集甘蔗+1叶，清洗干净并过一遍蒸馏水后吸干水分，于烘箱105 ℃烘30 min，然后降温至75 ℃烘至恒重，冷却后粉碎，用于测定全氮全磷全钾。全氮测定用半微量蒸馏法，全磷用钼锑抗吸光光度法，全钾用火焰光度法。同时，每个小区连根挖取5株甘蔗，分株剪下全部根系，洗净过蒸馏水后吸干表面水分，根系烘干粉碎程序同叶片。

于 2018 年 4 月 17 日、2018 年 5 月 11 日分别统计出苗率及分蘖率。于 2019 年 1 月 19 日砍收测产，测量茎长（甘蔗基部至甘蔗生长点处）、茎径（测甘蔗基部往上第三节、中部和自尾部往下第七节节间，统计平均值）、有效茎数（以长 1 m 以上的甘蔗茎作为有效茎）。每小区选具代表性的 6 株于当天送广西农业科学院甘蔗研究所进行品质测定。

1.4 数据分析

采用 软件 Excel2010 对数据进行整理及制图，用软件 SPSS20 进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 有机肥对粉垄土壤理化性状的影响

由表 1 可知，土壤 pH 值随着处理时间的延长而有降低的趋势，同一时期不同处理和对照 pH 值差异不显著。不同时期的土壤容重变化不大，但 8 月份时处理 A 的容重显著低于对照。土壤碱解氮含量均大于对照，且随着处理时间的延长而提高，其中，处理 A 三个时期内均显著高于对照，处理 B 在 6 月和 10 月时显著高于对照；处理 A 土壤碱解氮含量大于处理 B。处理 A 和处理 B 的速效磷含量随着时间推进有所降低，但大于对照，其中，在甘蔗生长的前期，处理 B>处理 A>CK，且差异显著，但随处理时间的延长，各处理与对照的差异逐渐变小。土壤中速效钾含量也呈类似的趋势。

表 1 施用有机肥对粉垄土壤 pH、容重及速效养分的影响

Table 1 Effects of organic fertilizer application on pH, bulk density and available nutrient of smashing ridge tillage soil

日期 Date	处理 Treatment	pH 值 pH value	容重 Bulk density（g cm^{-3}）	碱解氮 Available N（mg kg^{-1}）	速效磷 Available P（mg kg^{-1}）	速效钾 Available K（mg kg^{-1}）
2018-06-11	CK	5.84±0.16a	0.78±0.02a	287.00±61c	11.10±1.1c	715.80±28c
	A	5.94±0.17a	0.74±0.04a	413.00±112a	14.42±2.1b	1 124.28±60a
	B	6.32±0.21a	0.74±0.01a	338.33±68b	19.88±5.0a	943.74±59b
2018-08-11	CK	5.82±0.03a	0.82±0.03b	242.67±12b	10.61±0.9b	568.65±82a
	A	5.71±0.06a	0.72±0.03a	275.33±5a	12.45±1.4ab	583.26±27a
	B	6.30±0.52a	0.75±0.02ab	261.33±5ab	15.81±1.7a	604.11±76a
2018-10-25	CK	5.54±0.06a	0.79±0.01a	240.33±25b	11.43±0.9a	532.32±18a
	A	5.56±0.37a	0.73±0.04a	259.00±16a	11.03±1.4a	531.81±55a
	B	5.94±0.21a	0.76±0.02a	263.67±19a	12.10±1.7a	528.72±36a

注：**CK**. 单施复合肥(对照) ；**A**. 蚯蚓粪+复合肥；**B**. 猪粪+复合肥。表中同列数据后英文字母不同表示差异显著(P<0.05)。下同。

Note: **CK**. Only application of compound fertilizer (control); **A**. Earthworm manure + compound fertilizer; **B**. Pig manure + compound fertilizer. After the same column of data in the table, different letters indicate significant differences (P<0.05). The same below.

由表 2 可知，随着处理时间的延长，土壤有机质含量变化不大，但处理前期，6 月份，处理 A 和处理

B 显著大于对照，处理 A 和处理 B 之间差异不显著。各处理的全氮含量均随着时间推进而降低，处理 A 和处理 B 土壤全氮含量均大于对照，处理 A 在 10 月时显著高于对照，处理 B 在 6 月和 10 月显著高于对照；但处理 A 和处理 B 之间差异不显著。随着时间的延长，土壤全磷含量变化不大，但处理 A 和处理 B 土壤全磷含量均大于对照，其中，处理 A 在 6 月时显著高于对照，而处理 B 在三个时期均显著高于对照，处理前期，处理 B 土壤全磷含量（6 月—10 月）显著高于处理 A。不同时期，各处理土壤全钾含量变化不大。

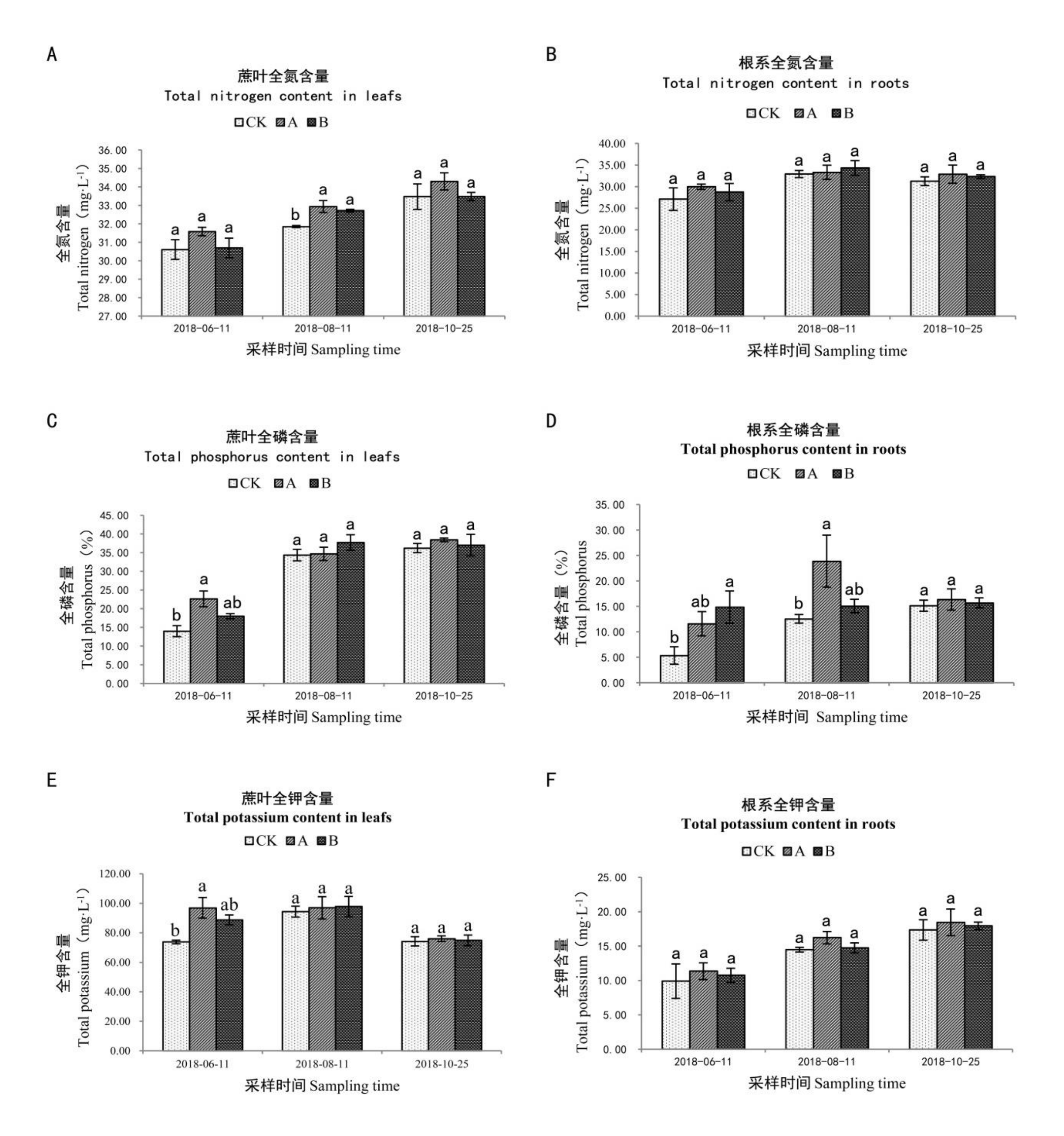
表 2 施用有机肥对粉垄土壤有机质及全氮全磷全钾含量的影响

Table 2 Effects of organic fertilizer application on organic matter and total nitrogen, total phosphorus, total potassium and of smashing ridge tillage soil

日期 Date	处理 Treatment	有机质 Organic matter （g kg^{-1}）	全氮 Total nitrogen （g kg^{-1}）	全磷 Total phosphorus （g kg^{-1}）	全钾 Total potassium （g kg^{-1}）
2018-06-11	CK	35.81±0.70b	1.65±0.23b	0.33±0.01c	12.86±0.05a
	A	41.61±1.52a	2.33±0.43ab	0.35±0.0b	13.03±0.70a
	B	39.89±0.59a	2.77±0.07a	0.40±0.0a	13.25±0.84a
2018-08-11	CK	38.83±0.82a	1.60±0.04a	0.34±0.013b	12.48±0.19a
	A	40.70±2.74a	1.70±0.04a	0.35±0.01ab	12.50±0.51a
	B	44.32±3.13a	1.78±0.12a	0.39±0.003a	13.33±0.88a
2018-10-25	CK	36.30±1.61a	1.47±0.03b	0.35±0.011b	11.40±1.40a
	A	38.29±2.05a	1.95±0.07a	0.36±0.019b	12.00±0.90a
	B	38.46±1.56a	1.79±0.03a	0.42±0.023a	12.41±0.31a

2.2 有机肥处理对粉垄甘蔗养分含量的影响

由图 1：A，B 可知，随着甘蔗生长期的延长，蔗叶全氮含量呈增加的趋势，在甘蔗生长的伸长期（8 月份），处理 A 和 B 蔗叶全氮含量均显著高于对照，而其他时期差异不显著，各时期蔗根全氮含量差异不显著。由图 1：C，D 可知，各处理蔗叶全磷含量均高于对照，但差异不显著；不同时期相比较，随处理时间的延长，蔗叶全磷含量呈增加的趋势，甘蔗生长前期（从 6 月到 8 月）增加较多，而后期则变化不显著，而根系全磷含量则随着甘蔗生长各处理根系全磷含量的变化趋势无一致规律。由图 1：E，F 可知，处理 A 和 B 蔗叶全钾含量均大于对照，甘蔗生长前期，处理 A 蔗叶全钾含量显著大于对照，但其他时期各处理间差异不显著。



A. 蔗叶全氮含量；**B.** 根系全氮含量；**C.** 蔗叶全磷含量；**D.** 根系全磷含量；**E.** 蔗叶全钾含量；**F.** 根系全钾含量。

A. Total nitrogen content in leafs; **B.** Total nitrogen content in roots; **C.** Total phosphorus content in leafs; **D.** Total phosphorus content in roots; **E.** Total potassium content in leafs; **F.** Total potassium content in roots.

图 1 施用有机肥对粉垄甘蔗根、叶全氮、全磷、全钾含量的影响

Fig. 1 Effects of organic fertilizer application on total nitrogen, total phosphorus, total potassium content in sugarcane roots and leaves

2.3 有机肥处理对粉垄甘蔗农艺性状、产量及品质的影响

由表 3 可知，各处理出苗率和茎径大小依次均为处理 A >对照>处理 B，从出苗率看，处理 A 高于对照 5.18%，处理 B 则比对照低 2.34%，从茎径看，处理 A 和处理 B 分别比对照高了 7.64%和 1.00%。各处理分蘖率和有效茎数大小依次均为处理 B>对照>处理 A，其中，处理 B 分别比对照高 2.61%和 0.63%，处理 A 则分别比对照低 6.24%和 0.63%。不同处理间单茎重和茎长的变化规律均为处理 B>处理 A>对照，从单茎重看，处理 A 和处理 B 分别比对照高了 6.98%和 11.24%；从茎长来看，处理 A 和处理 B 分别比对照高了 0.18%和 0.95%，但各处理间农艺参数差异均不显著。

表 3 施用有机肥对粉垄甘蔗农艺性状的影响

Table 3 Effects of organic fertilizer application on agronomic characters

处理 Treatment	出苗率 Emergence rate （%）	分蘖率 Tillering rate （%）	单茎重 Cane weight （kg）	茎长 Cane length （cm）	茎径 Stalk diameter （cm）	有效茎数 Millable stalks （stalk ·hm^{-2}）
CK	44.37±5.10a	86.25±21.27a	2.58±0.08a	334.12±0.40a	3.01±1.18a	73 611±267a
A	46.67±2.12a	80.87±8.46a	2.76±0.07a	334.72±0.69a	3.24±2.35a	73 148±816a
B	43.33±1.92a	88.50±7.45a	2.87±0.21a	337.29±7.25a	3.04±1.40a	74 074±556a

由表 4 可知，处理 A 与处理 B 的产量均显著高于对照，分别提高了 28.09%和 32.81%；处理 B 的锤度高于处理 A 和对照，且高出对照 2.77%，处理 A 锤度比对照低了 0.06%。蔗汁糖分和甘蔗糖分均为处理 B>处理 A>CK，处理 A 和处理 B 蔗汁糖分分别比对照高 1.08%和 3.67%，甘蔗糖分分别比对照高 1.41%和 3.63%。

表 4 施用有机肥对粉垄甘蔗产量及蔗茎品质的影响

Table 4 Effects of organic fertilizer application on yield andcane quality of sugarcane

处理 Treatment	产量 Cane yield （t ·hm^{-2}）	锤度 Brix （%）	蔗汁糖分 Sucros of juice （%）	甘蔗糖分 Sucros of cane （%）
CK	130.56±1.18b	18.08±0.15a	15.81±0.16a	13.50±0.19a
A	167.22±2.04a	18.07±0.07a	15.98±0.09a	13.69±0.10a
B	173.39±3.26a	18.58±0.28a	16.39±0.27a	13.99±0.23a

3 讨论与结论

3.1 有机肥处理对粉垄土壤理化性状的影响

甘蔗生长的土壤酸碱度范围是 pH 值 4.5~8，但最适宜的是 7~7.5，如果土壤酸度过大，不但影响产量，也影响品质（徐建云和陈超君，2009）。本研究中，有机肥处理对于粉垄土壤的 pH 值影响并不显著，这可能是受到有机肥本身的 pH 值影响，孟红旗等（2012）的研究说明了这一点。而容重则能表示土壤的疏松程度和熟化程度，容重越小，土壤越疏松。施用有机肥可以改善土壤理化性质，能够提高土壤中有机质和速效养分含量和有效性（韦茂贵等，2011；Zhao et al., 2017；林阿典等，2017；杨雷等，2019）。在本研究中，两种有机肥均不同程度提高了粉垄土壤的速效养分和有机质、全氮、全磷含量，除了有机肥本身含有养分外，有机肥还能促进土壤养分转化，使土壤养分含量提高（谢巧娟，2017），与前人研究类似。本研究蚯蚓粪对土壤碱解氮和速效钾的提升效果优于猪粪处理，而猪粪处理对土壤速效磷和全氮全磷的效果较好，说明不同有机肥对于粉垄土壤中的各种养分含量的提升程度不同。尽管如此，有机肥处理相对于单施化肥处理对于粉垄土壤的进一步改良具有更好的促进作用。

3.2 有机肥处理对粉垄甘蔗养分含量的影响

前人研究表明，在水稻、玉米、甘蔗等作物上，通过优化施肥、有机肥减量配施等措施能够活化土壤养分，提高肥料利用率，增强作物对养分的吸收能力，从而提高作物产量（韦茂贵等，2011；谢巧娟，2017；杨雷等，2019）。本研究中，有机肥处理均能不同程度提高甘蔗根叶的全氮全磷含量，且主要在 6 月或 8

月甘蔗伸长期达到显著。此外蚯蚓粪处理在蔗叶全钾全磷、根系全磷含量提升效果上优于猪粪处理；蚯蚓粪处理和猪粪处理分别在 8 月和 6 月显著提高蔗叶全磷含量，这可能是由于有机肥矿化提高了土壤中速效养分的含量，进而为甘蔗的快速生长提供了充足的养分。两种有机肥处理在甘蔗不同生长期对于蔗叶和根系全氮全磷含量的提升各有优势，这说明不同有机肥对于甘蔗叶片养分和根系养分的影响不同，这与于海杰（2016）的研究类似。

3.3 有机肥处理对粉垄甘蔗农艺性状、产量及品质的影响

许树宁等（2012）研究发现，在甘蔗采用生态有机肥与化肥配施的方法，可显著增加蔗茎产量。有机肥比无机肥处理能提高甘蔗产量（Bokhtiar et al., 2008），有机肥一次性作基肥和分成基肥和追肥使用对甘蔗的品质影响不同（许树宁等，2013）。在本研究中，两种有机肥处理均能显著提高甘蔗产量，但在单茎重、茎长、茎径、有效茎数、锤度、蔗汁糖分和甘蔗糖分方面差异不显著，这可能是由于有机肥处理下的甘蔗在茎长、茎径等综合参数上优于对照从而促使甘蔗产量提升，而有机肥处理的甘蔗生长的优势得益于土壤养分含量及甘蔗对养分吸收的能力的提升，从而不同程度提高甘蔗产量。

3.4 小结

本研究结果表明，粉垄条件下使用有机肥能够活化土壤，提高土壤全量及速效养分含量，进而促进甘蔗根叶对全氮磷钾的吸收，最终促进甘蔗的生长，提高粉垄甘蔗的产量和品质。

参考文献：

BAO SD, 2000. Soil agro-chemistrical analysis[M]. 3rd ed. Beijing: China Agricultural Press: 14-113. [鲍士旦，2000. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京：中国农业出版社：14-113.]

CHEN WJ, 2007. Study on the effects of organic-inorganic mixed fertilizer on the growth and soil nutrient contents of sugarcane[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University: 41-42. [陈伟绩，2007. 有机-无机复混肥对甘蔗生长和土壤养分的效应研究[D]. 福州：福建农林大学：41-42.]

LIN AD, HUANG ZR, AO JH, et al., 2017. Effect of potassium fertilizers incorporated with organic manure on the growth and soil properties of sugarcane[J]. Sugar Canesugar, 2: 20-24. [林阿典，黄振瑞，敖俊华，等，2017. 施钾和有机肥对甘蔗生长及土壤理化性状的影响[J]. 甘蔗糖业，2：20-24.]

MENG HQ, LÜ JL, XU MG, et al., 2012. Alkalinity of organic manure and its mechanism for mitigating soil acidification[J]. Acta Plant Nutr Fert, 18(5): 1153-1160. [孟红旗，吕家珑，徐明岗，等，2012. 有机肥的碱度及其减缓土壤酸化的机制[J]. 植物营养与肥料学报，18（5）： 1153-1160.]

BOKHTIAR SM, PAUL GC, ALAM KM, 2008. Effects of organic and inorganic fertilizer on growth, yield, and juice quality and residual effects on ratoon crops of sugarcane[J]. J Plant Nutr, 31(10): 1832-1843.

SONG ZZ, LI XH, LI J, et al., 2014. Long-term effects of mineral versus organic fertilizers on soil labile nitrogen fractions and soil enzyme activities in agricultural soil[J]. Acta Plant Nutr Fert, 20(3): 525-533. [宋震震，李絮花，李娟，等，2014. 有机肥和化肥长期施用对土壤活性有机氮组分及酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报，20（3）：525-533.]

WEI BH, 2015. Effects of smashing ridge tillage on grain production and environmental safety[J]. Anhui Agric Sci, 43(35) : 60-61, 64. [韦本辉，2015. 粉垄耕作技术对粮食生产和环境安全的影响[J]. 安徽农业科学，43（35）：60-61, 64.]

WEI BH, SHEN ZY, GAN XQ, et al., 2012，Effects of Fenlong cultivation on yield and quality of dryland crops[J]. J Agric Sci Technol-Iran, 14(4): 101-105. [韦本辉，申章佑，甘秀芹，等，2012. 粉垄栽培对旱地作物产量品质的影响[J]. 中国农业科技导报，14（4）：101-105.]

WEI MG, LUO XL, HUANG QF, et al., 2011. Effects of bio-organic fertilizer on the root tubers yield of cassava and the physical and chemical biological character of soil[J]. Chin Agric Sci Bull, 27(9): 242-248. [韦茂贵，罗兴

录，黄秋凤，2011. 生物有机肥对木薯产量及土壤理化性状的影响[J]. 中国农学通报，27（9）：242-248.]
WENG JZ, HE YS, 2005. The effects of new type of biofertilizer on yield of sugarcane and soil fertility [J]. Subtrop Agric Res, 1 (3): 13-15. [翁锦周，何炎森，2005. 生物有机肥对甘蔗产量及土壤的影响[J]. 亚热带农业研究，1（3）：13-15.]
XIE QJ, 2017. Effects of the application of the different types of organic fertilizers on the growth and fruiting of strawberry and soil physical and chemical properties[D]. Chongqing: Southwest University: 45-46. [谢巧娟，2017. 三种有机肥对土壤理化性质与草莓生长结果的影响[D]. 重庆：西南大学：45-46.]
XU JY, CHEN CJ, 2009. Sugarcane cultivation[M]. Guangxi: Guangxi Science and Technology Press: 49-69. [徐建云，陈超君，2009. 甘蔗栽培学[M]. 广西：广西科学技术出版社：49-69.]
XU SN, CHEN YZ, TANG HQ, et al., 2012. Effect of combined application of ecological organic fertilizer and chemical fertilizer on sugarcane yield and quality[J]. Guangdong Agric Sci, 18: 87-89. [许树宁，陈引芝，唐红琴，等，2012. 生态有机肥与化肥配施对甘蔗产量和品质的效果[J]. 广东农业科学，18：87-89.]
XU SN, CHEN YZ, NONG DC, et al., 2013. Different application effects of ecological-organic-fertilizer on yield and quality of sugarcane[J]. Chin Sugar Crops, 1: 9-11. [许树宁，陈引芝，农定产，等，2013. 生态有机肥不同施用方法对甘蔗产量及蔗糖分的影响[J]. 中国糖料，1：9-11.]
YANG L, FENG ZS, WANG KC, et al., 2019. Effects of bio-organic fertilizer on soil properties and rice yield[J]. Mod Agric Technol, 8: 1-4. [杨雷，冯作山，王开昌，等，2019. 生物有机肥对土壤性质及水稻产量的影响[J]. 现代农业科技，8：1-4.]
YU HJ, 2016. The types of fertilizer and fertilization methods on effect of sugarcane growth by mechanical planting [D]. Nanning: Guangxi University: 22-24. [于海杰，2016. 肥料种类和施肥方法对机种甘蔗的生长效应研究[D]. 南宁：广西大学：22-24.]
ZHOU LZ, WEI BH, GAN XQ, et al., 2017. Effects of smash-ridging cultivation on the growth and yield of sugarcane[J]. Anhui Agric Sci, 45(9): 29-31. [周灵芝，韦本辉，甘秀芹，等，2017. 粉垄栽培对甘蔗生长和产量的影响[J]. 安徽农业科学，45（9）：29-31.]
ZHANG YP, CHEN GF, SHEN FK, et al., 2013. Effect of pig-on-litter system padding on yield and quality of new planting sugarcane[J]. J S Agric, 44(11): 1846-1850. [张宇鹏，陈桂芬，沈方科，等，2013. 生态养猪垫料对新植蔗产量及品质的影响[J]. 南方农业学报，44（11）：1846-1850.]
ZHAO, ZHI G, VERBURG, et al., 2017. Modelling sugarcane nitrogen uptake patterns to inform design of controlled release fertilizer for synchrony of N supply and demand[J]. Field Crop Res, 213: 51-64.